الإحساس والاستجابة ودورها في تفاعل الكائنات الحية مع الغلاف الحيوي

مقدمة

١ يعد **الإحساس بالمؤثرات والاستجابة لها** من الخصائص الأساسية التي تميز الكائنات الحية، فهي تمكنها من التفاعل مع بيئتها والحفاظ على بقائها.

٢ ويعد **الجهاز العصبي** النظام المسؤول عن **استقبال المعلومات** من الوسط المحيط بالجسم و**معالجتها** ثم **إصدار استجابات** مناسبة من خلال نظام دقيق يمكن الكائن الحي من **التكيف** مع التغيرات البيئية، مما يسهم في **استقرار واتزان الغلاف الحيوي**؛ إذ يحافظ كل كائن حي على توازنه الداخلي والاستجابة المناسبة للعوامل الخارجية.

الجهاز العصبي (Nervous System)



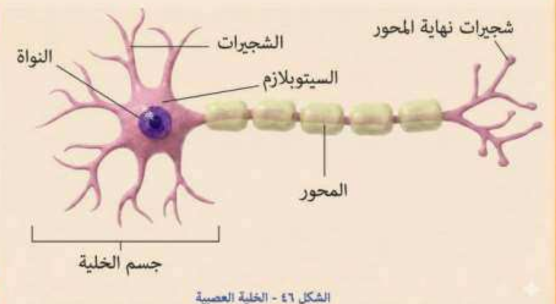
١ يتكون الجهاز العصبي بشكل رئيسي من الجهاز العصبي المركزي الذي يتكون من المخ والحبل الشوكي، والجهاز العصبي الطرفي الذي يشمل جميع الأعصاب المنتشرة في جميع أنحاء الجسم، ويربط الجهاز العصبي المركزي بباقي الأعضاء.

٢ يقوم الجهاز العصبي باستقبال الإشارات من الحواس، ومعالجتها، ثم إرسال الأوامر لبقية أجزاء الجسم للاستجابة المناسبة، سواء كانت هذه الاستجابة إرادية أو لا إرادية.

الخلايا العصبية وحدة تفاعل الكائن الحي مع البيئة

١ **الخلايا العصبية** هي وحدات البناء الأساسية للجهاز العصبي.

٢ تتكون كل خلية عصبية عادة من جسم خلوي يحتوي النواة والسيتوبلازم، وامتدادات تسمى **الزوائد الشجيرية** (dendrites) التي تستقبل الإشارات، الإشارات، و**المحور العصبي** (axon) الذي ينقل الإشارة بعيدًا عن الجسم الخلوي نحو خلايا أخرى أو نحو العضلات والغدد.



الشكل ٤٦ - الخلية العصبية

٣ في نهايات المحور توجد تفرعات تسمى **النهايات العصبية** التي تتواصل مع خلايا أخرى عبر التشابكات العصبية.

أنواع الخلايا العصبية

١ **خلايا عصبية حسية:** تنقل معلومات من المستقبلات الحسية إلى الجهاز العصبي المركزي (المخ والنخاع الشوكي).

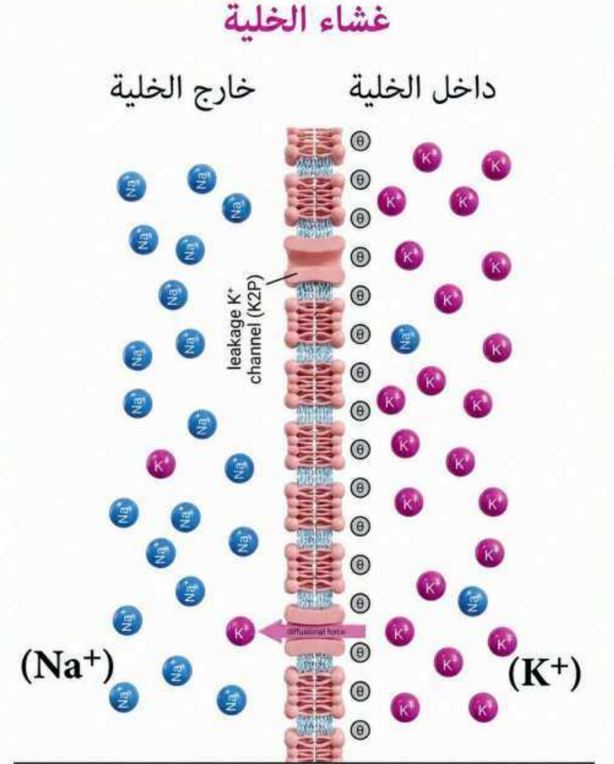
٢ **خلايا عصبية حركية:** تنقل الأوامر إلى أعضاء الاستجابة مثل العضلات والغدد.

٣ **خلايا عصبية موصلة (رابطة):** تعمل كحلقة وصل بين الخلايا الحسية والخلايا الحركية.

انتقال السيال العصبي وجهد الغشاء

مقدمة: توزيع الأيونات وجهد الغشاء

في الخلايا العصبية يختلف توزيع الأيونات داخل الخلية الخلية عنه خارجها؛ فتركيز **أيون الصوديوم** Na^+ **خارج** الخلية أعلى كثيرًا من تركيزه داخلها، بينما **يتركز أيون** البوتاسيوم K^+ داخل الخلية أكثر من خارجه، مما يؤدي إلى نشوء فرق في الجهد عبر **غشاء الخلية يسمى جهد الغشاء.**



الشكل ٤٧ - تركيز الأيونات على جانبي الغشاء الخلوي

وضع الراحة (الاستقطاب)

وعندما لا تكون الخلية مثارة. أي في **وضع الراحة**؛ يكون السطح الخارجي للغشاء الخلوي موجبًا والداخلي سالبًا، فيما يعرف **بالاستقطاب**، ويبلغ فرق جهد يقارب (-70 mV)، نتيجة ثلاث آليات أساسية:

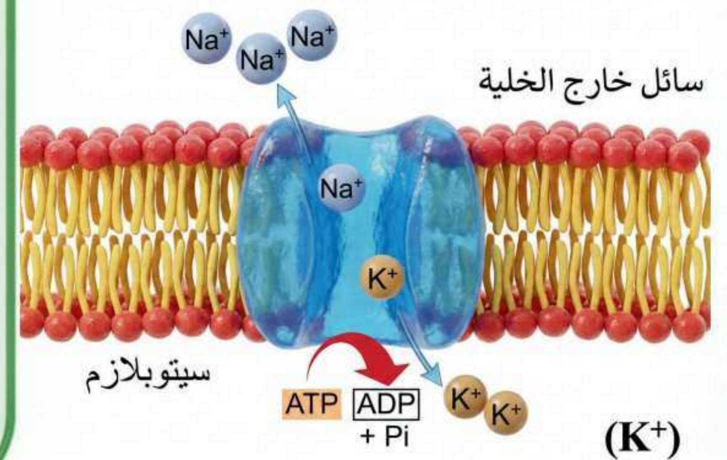
١ **النفاذية الاختيارية للغشاء الخلوي:** التي تسمح بخروج أيونات K^+ بمعدل أعلى من دخول أيونات Na^+ إلى داخل الخلية.

٢ **التوزيع غير المتكافئ للأيونات:** حيث يكون تركيز الأيونات والبروتينات السالبة داخل الخلية أعلى من ووجود أيونات سالبة من الكلور وبعض البروتينات.

٣ **مضخات الصوديوم والبوتاسيوم:** التي تستخدم طاقة ATP، فطاقة كل جزيء ATP تؤدي إلى إلى خروج ثلاثة أيونات من الصوديوم (Na^+-) مقابل إدخال أيونين من البوتاسيوم (K^++).



الشكل ٤٨ - جهد الراحة



الشكل ٤٩ - مضخة الصوديوم والبوتاسيوم

آلية انتقال السيال العصبي

مرحلة الإثارة (إزالة الاستقطاب)

عندما تستقبل الخلية العصبية مؤثرًا كافيًا لإثارتها،

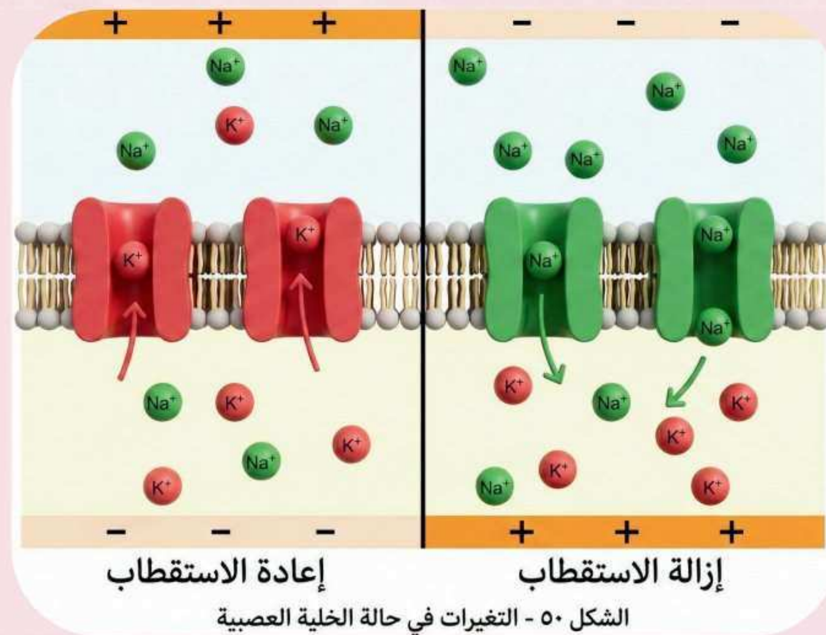
1. تُفتح قنوات خاصة في غشاء الخلية العصبية تسمح بانتقال أيونات الصوديوم (Na^+) بمعدل سريع،
2. فيصبح الجهد داخل الخلية موجبًا،
3. ويصبح فرق الجهد عبر غشاء الخلية (حوالي (40+ mV))، وتُعرف هذه المرحلة بمرحلة إزالة الاستقطاب.

انتقال السيال العصبي

يعمل إزالة الاستقطاب كمنبه للمنطقة المجاورة من العصب، فيحدث فيها تغيرات تشبه تمامًا التي حدثت عند تنبيه الخلية العصبية لأول مرة، وهكذا وهكذا ينتقل السيال العصبي على هيئة نبضات Nerve Impulse على طول الخلية العصبية من: إزالة الاستقطاب، ثم عودته، ثم إزالته، وهكذا.

عودة الاستقطاب وفترة الجموح

1. تشهد المنطقة الأولى من الغشاء عودة الاستقطاب عندما تُغلق قنوات الصوديوم وتُفتح قنوات البوتاسيوم لخروجه، فيعود فرق الجهد إلى قيمته السالبة السابقة.
2. وبعدها، ولمدة قصيرة (حوالي 0.001 – 0.003 ثانية) تُسمى فترة الجموح، لا تستجيب الخلية لمؤثر جديد، وبعدها تستعيد جاهزيتها للاستجابة لمؤثر جديد.



الشكل ٥٠ - التغيرات في حالة الخلية العصبية

التشابك العصبي: كيمياء التواصل العصبي

مقدمة: طبيعة التشابك العصبي

بعد أن تعلمنا كيف ينشأ السيال العصبي داخل الخلية العصبية وينتقل على طل محورها، يظل سؤال مهم: كيف ينتقل هذا السيال من خلية عصبية إلى أخرى؟

عند نهاية المحور العصبي لخلية عصبية، لا تنتقل الإشارة العصبية مباشرة إلى الخلية العصبية التالية، بل تمر عبر منطقة اتصال تسمى التشابك العصبي، وتتصل كل خلية عصبية بعدد هائل من الخلايا الأخرى من خلال هذه التشابكات.

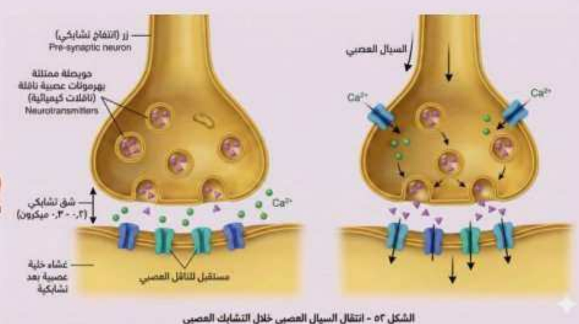
ولكي نتخيل مدى تعقيد هذا النظام، فإن خلية واحدة فقط من نوع بركنجي (Purkinje)، وهو أحد أنواع الخلايا العصبية الموجودة في المخ، يمكن أن تستقبل إشارات من نحو 200000 تشابك عصبي في وقت واحد من خلايا عصبية مختلفة تتلاقى عندما يصدر سيال تحديد استجابة واحدة منسقة.

تركيب التشابك العصبي


الشكل ٥١ -التشابك العصبي

1. **الزر العصبي (الغشاء قبل التشابكي):** انتفاخ في نهاية محور الخلية العصبية المرسلة للإشارة العصبية، وتوجد أكياس صغيرة داخل الأزرار العصبية تسمى الحويصلات العصبية تحتوي على مواد كيميائية مهمة في نقل السيال العصبي، مثل الأستيل كولين (Acetylcholine)، والنورأدرينالين (Noradrenaline).
2. **الشق التشابكي:** فراغ دقيق بين الخليتين المتجاورتين.
3. **الغشاء بعد التشابكي:** جزء من غشاء الخلية المستقبلة.

آلية انتقال السيال عبر التشابك العصبي



الشكل ٥٢ - انتقال السيال العصبي خلال التشابك العصبي

1. عند وصول السيال العصبي إلى نهاية المحور، يُفتح عدد من القنوات الخاصة بأيونات الكالسيوم Ca^{2+} لتمر إلى داخل الزر العصبي.
2. يؤدي دخول أيونات Ca^{2+} إلى إطلاق الناقلات العصبية في الشق التشابكي.
3. تنتشر الناقلات عبر الشق وترتبط بمستقبلات خاصة على الخلية التالية، مما يفتح قنوات أيونات الصوديوم والبوتاسيوم في الغشاء الخاص بها، ويولد إشارة عصبية جديدة.

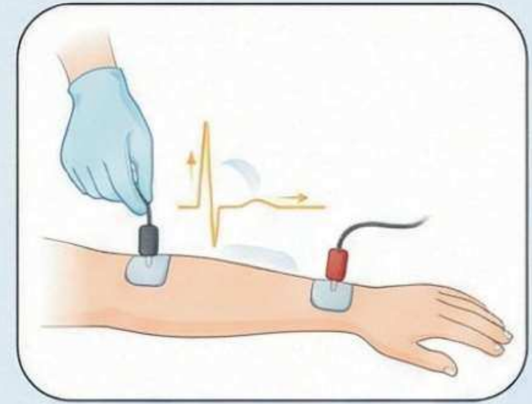
تطبيقات تكنولوجية

نهاية انتقال السيال العصبي

4. بعد قيام الناقلات العصبية مثل الأستيل كولين بدورها، يتم تكسيرها عن إنزيمات خاصة فيعود الغشاء الخلوي لحالة الراحة. بهذه الطريقة، ينتقل السيال العصبي في الجهاز العصبي بدقة عالية وسرعة كبيرة، مما يمكن الجسم من الاستجابة للمؤثرات.

اختبار سرعة التوصيل العصبي (NCV)

1. إجراء تشخيصي يستخدم لتقييم وظائف الأعصاب وسلامتها، ويساعد في تقييم تلف الأعصاب، والكشف عن الاضطرابات المتعلقة بها، وتحديد مدى وموقع إصابتها أو تشوهاتها. يستخدم غالبًا لتشخيص وتقييم الحالات التي تؤثر على الأعصاب والحبل الشوكي.
2. أثناء الاختبار، تمرر تيارات كهربائية صغيرة على أعصاب محددة باستخدام أقطاب كهربائية سطحية توضع على اتحفز هذه النبضات الكهربائية الأعصاب، ويتم تسجيل الاستجابات الناتجة وتحليلها. يعد الاختبار آمنًا وغير جراحي بشكل عام.



الشكل ٥٣ - اختبار سرعة التوصيل العصبي

ختامًا: دور الجهاز العصبي

ختامًا، يتضح أن الجهاز العصبي يلعب دورًا جوهريًا في تحقيق الاتزان الحيوي داخل الكائنات، إذ تنظم إشاراته الأنشطة الحيوية المختلفة لضمان استجابة الجسم السريعة والدقيقة للمتغيرات البيئية. ومن خلال القدرة على التنظيم الذاتي، يسهم الإحساس العاتيون والاستجابة في حفظ الاتزان الداخلي للكائني للكائنات الحية، وبالتالي في استقرار الغلاف الحيوي، حيث يظل التفاعل المتزن بين الكائنات وبيئاتها أساس استمرار الحياة على الأرض.

تقييم الدرس الرابع

أولاً: أسئلة اختيار من متعدد

اختر الإجابة الصحيحة:

1. تُعد الخلية العصبية الوحدة الأساسية في تكوين الجهاز العصبي، ووظيفتها الأساسية هي:
(أ) إنتاج الهرمونات (ب) نقل السيال العصبي (ج) تخزين الطاقة (د) الدفاع عن الجسم

---

2. تُسمى الفترة التي لا يمكن أن يتولد خلالها سيال عصبي جديد بـ :
(أ) إزالة الاستقطاب (ب) إعادة الاستقطاب (ج) فترة الجموح (د) جهد الراحة

---

3. أي العبارات الآتية تفسر سبب حاجة مضخة الصوديوم والبوتاسيوم للطاقة؟
(أ) لأنها تنقل الأيونات في اتجاه تدرج التركيز (ب) لأنها تنقل الأيونات عكس تدرج التركيز
ج) لأنها لا تعتمد على ATP (د) لأنها لا تعمل إلا أثناء النوم

---

4. عند إزالة الاستقطاب، يكون جهد الغشاء:
(أ) ثابتًا عند 70 mV- (ب) أكثر سالبية
ج) يتحول من سالب إلى موجب (د) لا يتغير

---

5. عند إعادة الاستقطاب، يحدث:
(أ) دخول أيونات الصوديوم إلى داخل الخلية (ب) خروج أيونات البوتاسيوم من الخلية
ج) توقف مضخة الصوديوم والبوتاسيوم (د) زيادة الجهد الموجب داخل الخلية

---

6. ما الوظيفة الأساسية للناقلات العصبية في التشابك العصبي؟
(أ) تخزين الطاقة (ج) تكسير الأيونات
ج) نقل الإشارة بين خليتين (د) زيادة سرعة المحور

---

7. أي مما يلي يحدث مباشرة بعد وصول السيال العصبي إلى الأزرار النهائية؟
(أ) خروج الكالسيوم من الخلية (ب) دخول الكالسيوم واندماج الحويصلات بالغشاء
ج) غلق قنوات الصوديوم (د) تكسير الناقل العصبي

---

8. يعمل إنزيم الكولين إستيريز على:
(أ) تحفيز إزالة الاستقطاب (ب) إعادة بناء الحويصلات
ج) تكسير الأستيل كولين بعد أداء دوره (د) زيادة نفاذية الغشاء

تابع: أسئلة اختيار من متعدد

9. ما الذي يفسر أهمية جهد الراحة في الخلية العصبية؟
(أ) يمنع استجابة الخلية
(ب) يبقى الغشاء مستعدًا لنقل السيال عند حدوث مؤثر
(ج) يزيد من عدد التشابكات
(د) يقلل من نفاذية الغشاء للماء

10. خلية "بركنجي" التي يمكن أن تستقبل مئات الآلاف من التشابكات العصبية تظهر أن:
(أ) الجهاز العصبي بطيء الاستجابة
(ب) الخلايا العصبية تعمل بشكل منفصل
(ج) الجهاز العصبي شبكة مترابطة تنقل المعلومات بسرعة ودقة
(د) التشابكات العصبية قليلة في الدماغ

ثانيًا: أسئلة مقالية

بم تفسر؟

1. تُعد مضخة الصوديوم والبوتاسيوم ضرورية للحفاظ على جهد الراحة في الخلايا العصبية.

2. يحدث فرط استقطاب بعد إعادة الاستقطاب مباشرة.

3. وجود شق تشابكي بين خليتين عصبيتين ضروري رغم صغره الشديد.

4. يعمل الجهاز العصبي بسرعة تفوق الجهاز الهرموني.

5. يؤدي تثبيط مضخة الصوديوم والبوتاسيوم بواسطة سم الأوابين (سم الأفاعي) إلى توقف الجهاز العصبي عن العمل.